

Beiträge zur Vererbung der Mehлтаuresistenz bei *Malus*

II. Beziehungen zwischen Mehлтаubefall und Witterungsverlauf

H. MIHATSCH und G. MILDENBERGER

Institut für Obst- und Zierpflanzenbau Dresden-Pillnitz der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, Versuchsstation für Obstzüchtung, Naumburg/S.

Contributions to the heredity of mildew resistance in *Malus*

II. Relationships between mildew attack and climatic conditions

Summary. Additional results bearing on the problem of heredity of mildew resistance in apple seedlings were obtained by comparing the calculated average annual degree of susceptibility in the progeny of various combinations with weather conditions during the pertinent years. Following are the results:

1. Obvious similarity between susceptibility curves for all combinations examined points to a close relationship between intensity of infection and climatic conditions. Severe frost and extremely low summer temperatures are factors producing a marked reduction in infective severity.

2. There is no direct correlation between weather and degree of infection. The latter reacts with certain slowness limited by the population dynamics of the parasites, and maximal and minimal intensities of infection are noticeable only over intervals of several years.

3. The different intensities of infection observed under our climatic conditions among the progeny of certain combinations, f.i. „Dülmener Rosenapfel × Ontario“ and „Antonowka × Ontario“ with low susceptibility, and „Späher des Nordens × Cox' Orange“ with high susceptibility to infection remained the same throughout all years of experimentation. In view of the high variability in infective intensity caused by external factors, the last observation can only be explained by the existence of a genetic factor for resistance.

4. Different susceptibilities were repeatedly observed in the same varieties raised at different experimental stations. It may be that, in a climate very unfavorable to mildew, certain varieties react so slowly to infection that they might seem to be resistant. In climates favorable to mildew, however, it is possible that the same varieties eventually become maximally infected and are then no longer different from those that are strongly infected in unfavorable climates.

5. When infection is heavy, at least 4–5 years of observation are necessary for judging the characteristic „resistance to powdery mildew“ in a new apple variety. The degree of resistance found applies probably only to the specific climatic conditions at the place of observation.

1. Einleitung

Aus mehrjährigen Untersuchungen über die Vererbung der Mehлтаuresistenz an einem umfangreichen Apfel-Sämlingsmaterial ergaben sich im Zusammenhang mit der Lösung anderer Fragen Hinweise auf ganz spezielle Beziehungen zwischen Mehлтаubefall und Witterungsverlauf. Im Gegensatz zu GOLLMICK (1950) und BROWN (1959), die einen alljährlich fast gleich starken Mehлтаubefall an Apfelbäumen feststellten, sowie im Gegensatz zu SPRAGUE (1955), SCHANDER (1958) und BÖMEKE (1961), die gar einen ständig steigenden Befall beobachteten, zeigten unsere 12jährigen Untersuchungsergebnisse in den einzelnen Jahren eine sehr unterschiedliche Befallsstärke. Da Beziehungen zwischen Befallsstärke und Witterungsverlauf für andere Krankheits- und Schädlingsepidemien bekannt sind, lag es nahe, auch für den Apfelmehltau solche Zusammenhänge zu vermuten. Sicher üben dabei mehrere Faktoren ihren

Einfluß aus, und es ist deshalb verständlich, daß in den Literaturangaben unterschiedliche Ansichten dazu vertreten werden.

Im Gegensatz zum Schorfbefall wird die Vermehrung des Mehлтаupilzes durch heißes, trockenes Wetter begünstigt (FISHER 1918, AICHHOLZ und REBHOLZ 1921, LOSCH 1921, JØRSTAD 1923, AERTS und SOENEN 1957, BURCHILL 1960, BÖMEKE 1961). Bei einer Temperatur unter 20 °C ist nach AERTS und SOENEN (1957) keine Infektion mehr möglich. Zu hohe Temperaturen nach der Infektion sollen jedoch die Befallsstärke ebenfalls vermindern. KIRBY und FRICK (1963) konnten aber schon acht Tage nach der Infektion bei höheren Temperaturen keinen Hemmerfolg mehr beobachten. HAMMARLUND (1925) wies in Laborversuchen nach, daß die größte Keimfähigkeit bei geringer Feuchtigkeit festzustellen ist. Nach LAUBERT (1908) wirken sich sowohl Regen als auch Dürre nachteilig für die Ausbreitung des Pilzes aus. Eine Luftfeuchtigkeit über 70% hat nach KIRBY und FRICK (1963) keine besondere Wirkung auf die Entwicklung des Mehltaus. JANCKE und LANGE (1932) fanden kaum eine Beziehung zwischen Witterung und Mehлтаubefall. In den Jahren 1927–1931 konnten sie einen Zusammenhang nur zwischen Befallsstärke und Höhe der Februarniederschläge sowie Mangel an Oktoberniederschlägen des Vorjahres sehen. Auf dem Mehltausymposium in Jork 1961 wurde darauf hingewiesen, daß Trockenheit den Sporenflug zwar sehr begünstigt, daß aber die Sporen zur Keimung auch einer gewissen Feuchtigkeit bedürfen. Ein Wechsel von hoher und niedriger Luftfeuchtigkeit wirke deshalb fördernd auf die Infektion. Von AERTS und SOENEN (1957) wird der Mai als kritischster Monat für die Sekundärinfektion angegeben. Auf die infektionshemmende Wirkung strenger Winter ist mehrfach hingewiesen worden (SPRAGUE 1955, SCHANDER 1958, Mehltausymposium Jork 1961, KUNDERT 1964). Es wird angenommen, daß die mit Mehltau infizierten Winterknospen besonders frostempfindlich sind und mit dem Absterben der Knospen auch die Primärinfektion stark vermindert wird. Nach MÜLLER (1957) ist das Zustandekommen einer Infektion nicht von meteorologischen Bedingungen, sondern von der Befallsdisposition des Wirtes abhängig. Auch unter 20 °C seien Infektionen möglich. Eines schließt jedoch das andere nicht aus, und AERTS und SOENEN (1957) sowie BURCHILL (1958) weisen nachdrücklich auf den Einfluß beider Faktoren — Befallsdisposition des Wirtes und Witterung — hin.

Da also offensichtlich Beziehungen zwischen Befallsstärke und Witterung auch für Mehltau vorhanden sind, war es für uns interessant, neben der Frage nach der Art dieser Beziehungen die weitere Frage zu klären, ob die für die einzelnen Sorten gefundenen genetisch bedingten Befallsunterschiede,

die einen mehrjährigen Durchschnittswert darstellen (MIHATSCH und MILDENBERGER, I. Mitteilung, 1966), auch in den einzelnen Jahren mit unterschiedlichen Witterungsbedingungen erkennbar bleiben. Literaturangaben dazu liegen noch nicht vor, da der Umfang der bisher beschriebenen Untersuchungen nicht ausreichte, die Ergebnisse in dieser Richtung auszuwerten. In Naumburg wurden während der Jahre 1953–1964 bis zu 9 aufeinanderfolgende Wiederholungsbeobachtungen an sehr zahlreichen Sämlingsfamilien, die schon die generative Phase erreicht hatten, durchgeführt. (Nähere An-

gaben zu dem Material siehe in der I. Mitteilung.) Es war möglich, die Befallsstärke der Sämlinge in den einzelnen Jahren mit dem jeweiligen Jahreswitterungsverlauf zu vergleichen.

2. Ergebnisse und Diskussion

In unserer I. Mitteilung versuchten wir, uns ein Gesamturteil über die Mehlttauanfälligkeit der Nachkommenschaften bestimmter Kreuzungskombinationen¹ zu bilden. Die Befallsunterschiede dieser Nachkommenschaften in den einzelnen Jahren wurden dabei nicht beachtet, sondern die Beobachtungswerte aller Jahre gingen in die Mittelwerte ein. Im folgenden sind für die Nachkommenschaften einiger Kombinationen die einzelnen Jahres-Befallsmittel errechnet worden, um die Abhängigkeit des Mehlttaubefalls vom Witterungsverlauf feststellen zu können. Das Jahresmittel einer Kombination ergibt sich aus den Beobachtungswerten der einzelnen Sämlinge in dem betreffenden Jahr. Sind von einer Kombination z. B. 100 Sämlinge vorhanden, dann setzt sich das Jahresmittel aus 100 Einzelwerten zusammen.

Die Auswertungen dieser Untersuchungen brachten im wesentlichen drei interessante Ergebnisse zu den eingangs gestellten Fragen nach dem Witterungseinfluß auf die Befallsstärke und nach Hinweisen auf die Erbllichkeit der Mehlttauresistenz, die im folgenden beschrieben werden.

Auf Abb. 1 ist der Jahresdurchschnittsbefall der Nachkommenschaften einiger Kombinationen für die Jahre 1956–1964 dargestellt. Damit möglichst gleiche Bedingungen vorliegen, wurden nur Nach-

¹ Die Sämlinge, die aus einer Kreuzung hervorgegangen sind, werden als Sämlingsfamilie bezeichnet. Familien der gleichen Kreuzung aus verschiedenen Aussaatjahren oder von verschiedenen Standorten wurden zu „Kombinationen“ zusammengefaßt.

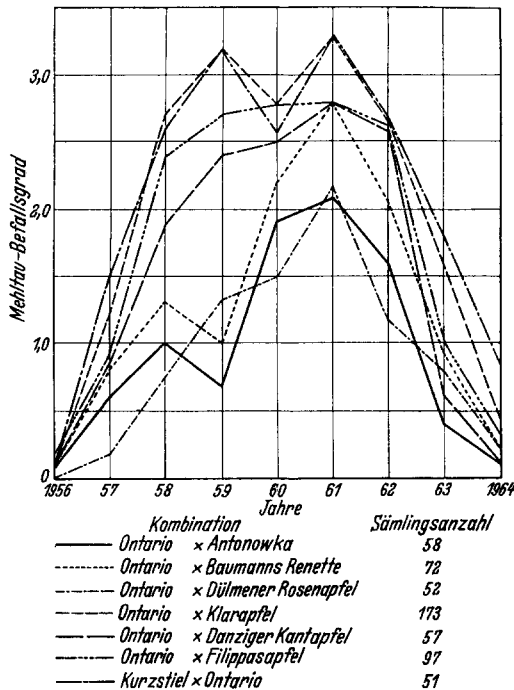


Abb. 1. Mehlttaubefall an Sämlingsfamilien. Befallsstärke in den Jahren 1956–1964. Standort: Quartier V.

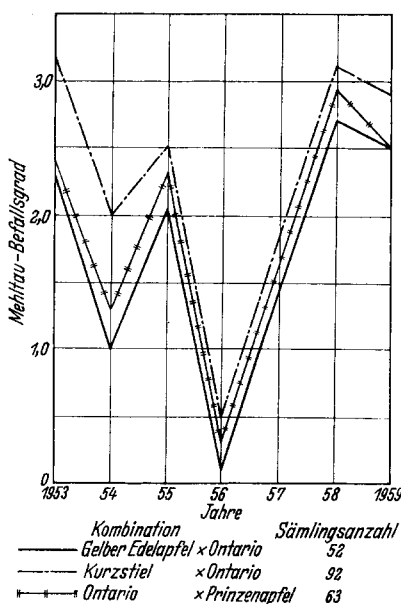


Abb. 2. Mehlttaubefall an Sämlingsfamilien. Befallsstärke in den Jahren 1953–1959 (1957 wurden keine Beobachtungen durchgeführt). Standort: Quartier II B.

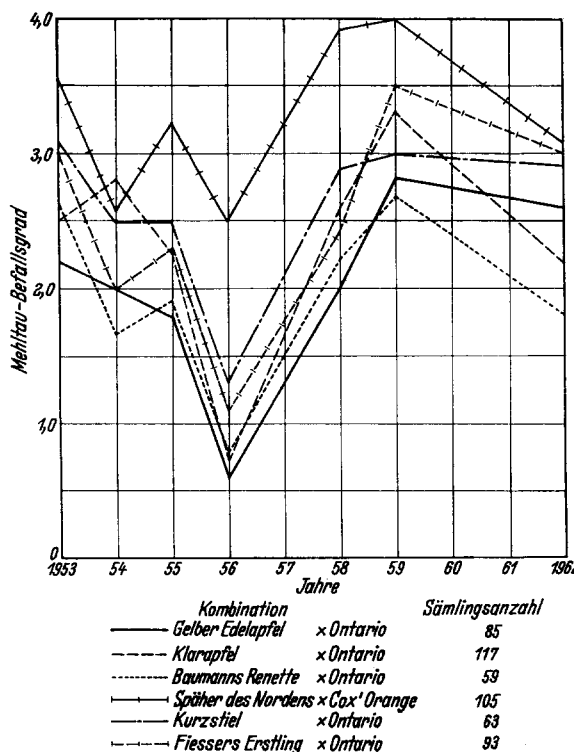


Abb. 3. Mehlttaubefall an Sämlingsfamilien. Befallsstärke in den Jahren 1953–1962 (1957, 1960 und 1961 wurden keine Beobachtungen durchgeführt). Standort: Quartier III B, C.

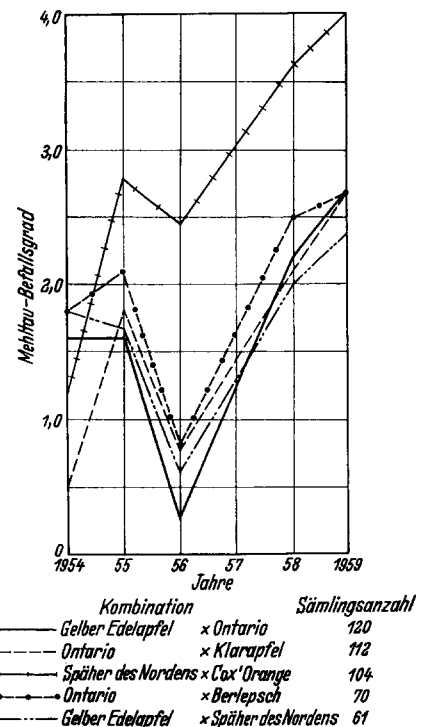


Abb. 4. Mehlttaubefall an Sämlingsfamilien. Befallsstärke in den Jahren 1954–1959 (1957 wurden keine Beobachtungen durchgeführt). Standort: Quartier IV.

kommensschaften von demselben Standort (Quartier V) dargestellt. Es ist auffallend, wie gleichartig der Verlauf der Befallskurven der verschiedenen Kombinationen ist. Von einem Minimum (1956) steigt die Befallsstärke ziemlich beständig bis zu einem Maximum an (1959–1961) und fällt dann bis 1964 wieder bis fast zum Minimum des Jahres 1956 ab. Für jede Kurve fallen also mit nur kleinen Abweichungen Minimum, Anstieg, Maximum, Abfall und wieder Minimum auf dieselben Jahre.

Ergänzend zu Abb. 1 wurde auf Abb. 2–4 der Befallsverlauf für die Nachkommensschaften einiger Kombinationen von anderen Standorten (aus den Quartieren II B, III B, C und IV) dargestellt. An diesen Standorten wurden die Bewertungen nicht alljährlich, sondern mit Unterbrechungen von einem Jahr oder auch mehreren Jahren durchgeführt, so daß die Kurven unvollständig sind. Trotzdem können sie bestimmte Punkte der Befallskurven auf Abb. 1 bestätigen, so z. B. das Minimum 1956 und das Maximum 1959. Auch bringen sie zusätzlich Hinweise für den Befall während der Jahre 1953–1956. In diesem Zeitraum ist die Tendenz zur Befallsminderung zu verzeichnen, ähnlich wie für die Jahre

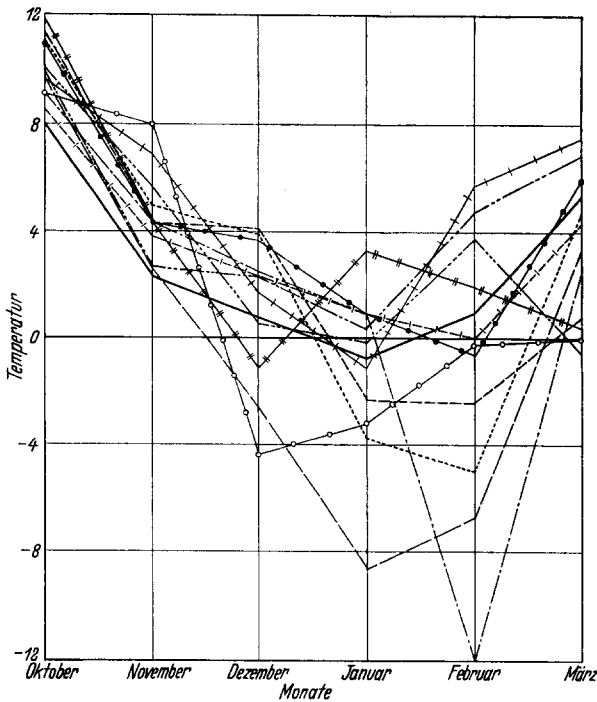


Abb. 5. Temperaturmittel für die Monate Oktober–März in den Jahren 1952–1964.

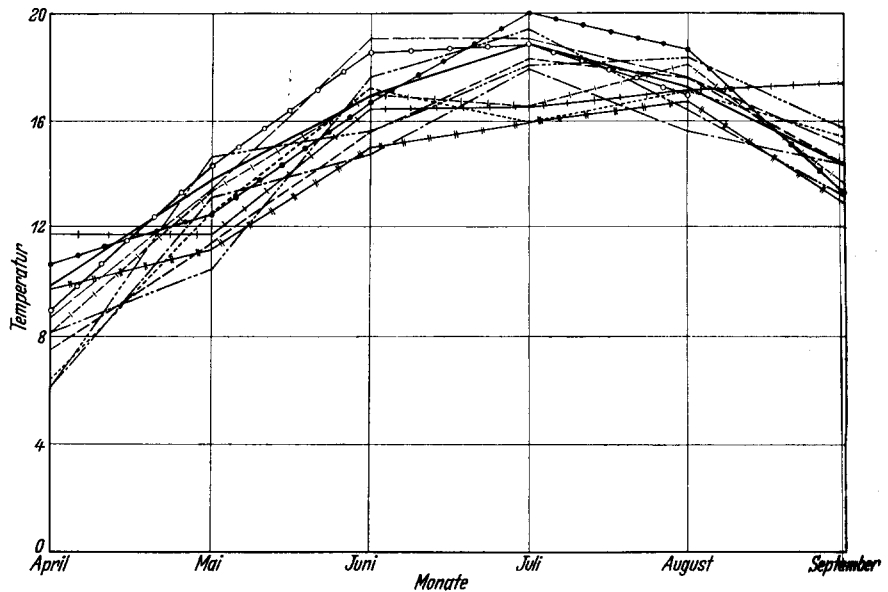


Abb. 6. Temperaturmittel für die Monate April–September in den Jahren 1953–1964.

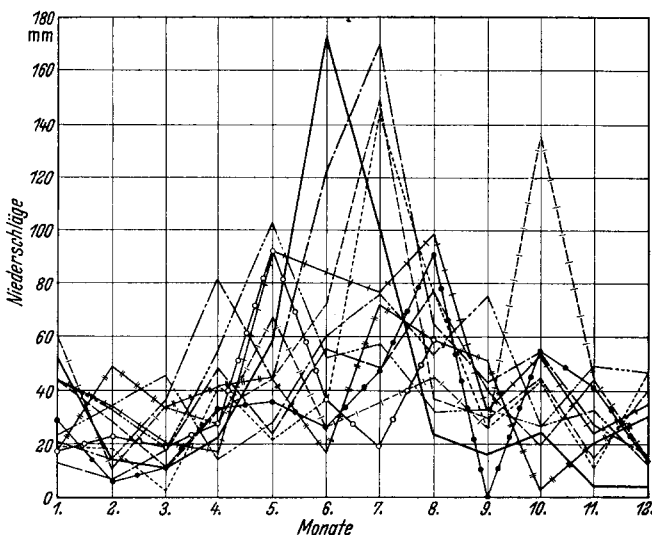


Abb. 7. Monatliche Niederschlagsmengen in den Jahren 1953–1964.

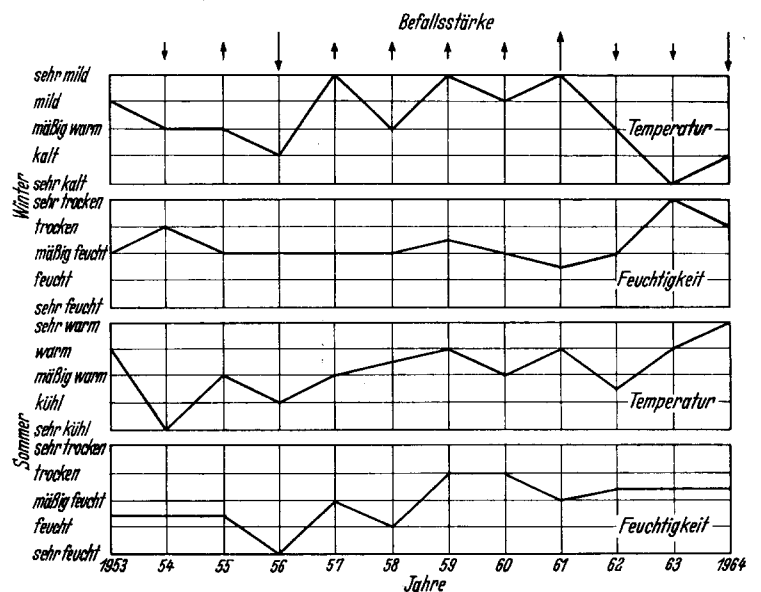


Abb. 8. Witterungsverlauf (Temperaturen und Niederschläge) und Mehltaubefallsstärke während der Jahre 1953–1964, schematisch dargestellt. Die Befallsstärke wurde mit Pfeilen bezeichnet.

1961–1964. Beim Vergleich der Befallskurven der Abbildungen 1–4 untereinander ist es offensichtlich, daß der Jahresdurchschnittsbefall an den verschiedenen Standorten wenig variiert, der Faktor „Standort“ in unseren Untersuchungen also wenig Einfluß auf die Befallsstärke hat. Die Ursache für die Art des Kurvenverlaufes ist wohl in erster Linie im Witterungsverlauf zu suchen. Zur Bestätigung dieser Vermutung wurden die Daten für Temperatur und Niederschläge unseres Gebietes für die Beobachtungsjahre 1953–1964 zusammengestellt (Abb. 5–7). Die meteorologischen Messungen wurden im Institutsgelände durchgeführt. Eine vereinfachte zusammenfassende Auswertung dieser Daten in Verbindung mit dem Befallsverlauf ist auf Abb. 8 gegeben. Daraus geht hervor, daß offenbar zwischen den strengen Frostperioden 1955/56, 1962/63 und 1963/64 und den Minima des Mehлтаubefalls eine enge Beziehung besteht. Während der Vegetationsperioden, die diesen Wintern folgten, konnte stets ein nur sehr schwacher Befall vermerkt werden. Wie schon erwähnt, ist auch von anderen Autoren auf die Reduzierung der Infektionsquellen in strengen Wintern und die damit verbundene Befallsminimierung in der folgenden Vegetationsperiode hingewiesen worden.

Der deutliche Kurvenabfall 1954, der aber nicht unmittelbar zum Minimum 1956 führt, sondern 1955 von anscheinend günstiger Witterung noch einmal abgefangen wird, muß wohl auf mehrere Ursachen zurückgeführt werden. Der Winter 1953/54 war mäßig kalt, ein teilweises Absterben der befallenen Knospen konnte demnach erwartet werden. Außerdem aber war der Sommer 1954 extrem kühl. Beide Faktoren sind in diesem Fall in ihrer Wirkung nicht zu trennen. So kann auch im Minimumjahr 1956 die kühle Sommertemperatur neben dem vorangegangenen strengen Winter die Infektionsmöglichkeit zusätzlich verringert haben. Ebenso ist wahrscheinlich auch die kühle Temperatur im Sommer 1962 ein Grund für die verminderte Befallsstärke gewesen, die dann nach den strengen Frostperioden 1962/63 und 1963/64 bis zum Minimum absank. Niedrige Sommertemperaturen können aber nicht die Hauptursache für die Befallsminimierung sein, denn gerade im Minimum-Jahr 1964 z. B. waren sehr hohe Temperaturen zu verzeichnen.

Das Ansteigen der Befallskurve bis zum Maximum in den Jahren 1959–1961 geht parallel mit mäßig milden bis sehr milden Wintern und normal warmen Sommern. Das gilt auch für das Jahr 1955.

Ein Einfluß der Feuchtigkeit bzw. der Trockenheit konnte in unseren Untersuchungen nicht festgestellt werden. Der sehr feuchte Sommer 1956 fällt zwar mit einem Befallsminimum zusammen, dessen Ursachen aber, wie bereits ausgeführt, vor allem auf andere Faktoren zurückzuführen sind, und in dem feuchten Sommer 1958 war eine Befallsverminderung gar nicht zu verzeichnen. Die Trockenheit während der Kälteperioden 1953/54, 1962/63 und 1963/64 war stets mit tiefen und sehr tiefen Temperaturen verbunden. Doch die Wirkung beider Faktoren kann nicht gleich stark infektionshemmend sein; denn im Winter 1955/56, also im Winter vor dem Befallsminimum 1956, waren normale Feuchtigkeitsbedingungen gegeben, so daß der strenge Frost als Hauptursache der Befallsverminderung angesehen werden muß.

Wieweit die Hauptwindrichtung sich auf die Ausbreitung der Infektion auswirkt, konnte durch unsere Untersuchungen nicht ermittelt werden.

Zusammenfassend können wir feststellen, daß vor allem kalte Winter und kühle Sommer einen stark hemmenden Einfluß auf die Ausbreitung der Mehлтаufinfektion ausüben. Wie schon erwähnt, sind beide Faktoren neben anderen in der Literatur bereits als infektionshemmend beschrieben worden. Ihre Wirkung konnte an einem umfangreichen Untersuchungsmaterial bestätigt werden. Aus unseren Untersuchungsergebnissen geht aber weiterhin hervor, daß die Befallsstärke nicht unmittelbar die Witterungseinflüsse widerspiegelt, sondern sie ändert sich mit einer gewissen Trägheit und schwankt demzufolge in größeren, also mehrjährigen Intervallen. Das ist jedoch zu erwarten; denn aus seinen biologischen Gegebenheiten heraus bedarf ein Parasit eines bestimmten Zeitraumes, bis er ein Vermehrungsmaximum erreicht hat. Auch die Vernichtung des Parasiten durch Witterungseinflüsse ist meist nicht in einem Jahr radikal zu erwarten, sondern steht im Zusammenhang mit einer geringeren Vermehrungsmöglichkeit in ungünstigen Jahren und geht schrittweise vor sich. Im Verhalten des Apfelmehltaues finden wir eine Parallele zu dem Massenwechsel der Insekten, wie er u. a. von OHNESORGE (1963) beschrieben worden ist. Danach kann der Massenwechsel, also die Änderung der Populationsdichte von Generation zu Generation, grundsätzlich zwei Ursachen haben: von der Populationsdichte abhängige und unabhängige Faktoren. Der dichteabhängige Faktor ist in unserem Fall die mögliche Vermehrungsrate des Pilzes, der dichteunabhängige Faktor die Witterung. Dichteabhängige Faktoren werden erst mit gewisser Verzögerung wirksam. Sie rufen rhythmische Dichteschwankungen der regulierten Population hervor. Dichte-unabhängige Faktoren wirken als Störfaktoren auf diese Rhythmik. Unregelmäßiger Abstand und ungleichmäßige Höhe der Gipfelpunkte sprechen für einen Einfluß von dichteunabhängigen „Zufallsfaktoren“. Im Zusammenwirken dieser beiden Faktorengruppen kommt es beim Mehлтаu zu den von uns aufgezeigten periodischen Befallsschwankungen.

Der Witterungsverlauf während unseres 12-jährigen Beobachtungszeitraumes ist charakteristisch für das Klima in Mitteleuropa. Wir müssen periodisch in Intervallen von mehreren Jahren mit strengen Wintern rechnen, die eine starke Reduzierung des Mehлтаubefalls verursachen. Die Witterungsbedingungen während der dazwischenliegenden Vegetationsperioden sind jedoch für die Mehлтаufinfektion nicht immer optimal günstig, so daß selbst bei infektionsfördernder Witterung stets mehrere Jahre notwendig sind, bis die Befallsstärke ein Maximum erreicht hat. Unter besonders günstigen Klimabedingungen ist das anders. SPRAGUE (1955), der ebenfalls eine enge Beziehung zwischen harten Wintern und Befallsminimierung sieht, konnte z. B. feststellen, daß sich der Mehлтаu in dem günstigen Klima von Zentral- und Ost-Washington auch nach der Reduzierung durch einen kalten Winter wieder rasch zur vollen Stärke entwickelt und der Befall während der 7 Beobachtungsjahre von 1948–1954 immer gleich stark war. Er kommt sogar zu der Ansicht, daß sich

der Mehltau auch auf resistente Sorten ausbreitet. Ebenso beschreibt BLUMER (1951) eine langsame Ausbreitung des Mehltaus auf sogenannte widerstandsfähige Sorten unter den Klimabedingungen der Schweiz. Es wäre natürlich denkbar, daß z. B. die in unserem Klima festgestellte Resistenz der Sorte Dülmener Rosenapfel in einem sehr günstigen Klima kaum noch wahrnehmbar ist. Solange noch keine sichtbare Abwehrreaktion gefunden worden ist, müssen wir für Dülmener Rosenapfel einen Resistenzgrad annehmen, der sich unter unseren Klimabedingungen in einer trägen Reaktion auf die Mehltauinfektion äußert. Ist ein genügend langer Zeitraum mit günstigen Bedingungen gegeben, dann kann der Befall vielleicht bis zu einem Maximum ansteigen, das sich vom Maximum einer stark anfälligen, also einer in unserem Klima rascher auf die Infektion reagierenden Sorte nicht mehr unterscheidet. Die träge Reaktion des Dülmener Rosenapfels unter unseren nicht optimal günstigen Bedingungen ist aber nachweisbar und, wie wir in unseren Untersuchungen zeigen konnten, auch erblich. Worauf diese Reaktionsträgheit beruht, ist noch ungeklärt. In unserem Klima ist es aber berechtigt, solche träge reagierende Sorten als „gute Resistenzvererber“ in das Züchtungsprogramm einzuschließen.

Unsere Untersuchungsergebnisse erklären auch die sich z. T. widersprechenden Ansichten anderer Autoren zur Befallsstärke in den einzelnen Jahren. Während einige Autoren, worauf wir schon hinwiesen, ständig gleichbleibenden, andere wieder einen stetig steigenden Befall feststellten, ergaben sich aus unseren Beobachtungen periodische Befallsschwankungen mit ausgesprochenen Befallsmaxima und -minima. Werden die Beobachtungen aber nur drei bis fünf

Jahre durchgeführt, wie das in anderen Untersuchungen geschehen ist, stellen sie nur einen Teil der Befallskurve dar. Wenn z. B. der Zeitraum eines Befallsanstieges, wie der Anstieg während der Jahre 1956–1961, oder ein ausgeprägtes Maximum, das mehrere Jahre konstant bleibt, wie das Befallsmaximum während der Jahre 1959–1961, zum Beobachtungszeitraum wurde, kann es zu den unterschiedlichen Schlußfolgerungen kommen, soweit sie nicht vom unterschiedlichen Klima geographisch sehr entfernter Beobachtungsstandorte bestimmt werden.

Zur Lösung züchterischer Aufgaben war es notwendig, die Frage zu stellen, wieviele Beobachtungsjahre eine sichere Beurteilung des Resistenzgrades einer Kombination und auch eines Einzelsämlings erfordert. Auf Abb. 9 wurden für die Nachkommenschaften dreier Kombinationen (sehr schwach, schwach und mittelstark anfällig) die durchschnittlichen Befallswerte mehrerer ausgewählter Beobachtungszeiträume mit dem Durchschnittsbefallswert des gesamten Beobachtungszeitraumes von 8 Jahren verglichen. Es handelt sich um 3 Jahre mit steigendem (1956–1958), 4 Jahre mit starkem (1958–1961), 3 Jahre mit starkem und mittelstarkem (1960–1962) und 4 Jahre mit schwachem bis starkem Befall (1956–1959). Für alle drei Kombinationen ist die Übereinstimmung der 4 „guten“ Mehltaujahre mit dem achtjährigen Durchschnitt gut. Die Befallskurve dieser 4 Mehltaujahre 1958–1961 betont sogar in gewissem Maße den charakteristischen Befallsverlauf der betreffenden Kombinationen. Wir können also annehmen, daß 4–5 Jahre mit starkem bis mittelstarkem Befall zur Beurteilung des Resistenzgrades einer Sämlingsfamilie unbedingt notwendig sind.

Um den erforderlichen Beobachtungszeitraum zur Selektion des Einzelsämlings zu bestimmen, war es notwendig, die Korrelation zwischen den Befallsmittelwerten einiger gewählter Zeiträume und dem Befallsmittelwert des gesamten Beobachtungszeitraumes von 9 Jahren zu berechnen. Tab. 1 gibt einige Beispiele dazu.

Es geht daraus hervor, daß für die Zeiträume „4 gute Mehltaujahre“ und „4 Jahre mit starkem bis schwachem Befall“ eine sehr enge Beziehung zum Gesamtzeitraum besteht (Beispiele 1, 2, 5, 6: $r = 0,83-0,99$). Aber selbst für das Beispiel 7, in dem 3 Jahre mit schwachem bis mittlerem Befall mit dem Gesamtbeobachtungszeitraum verglichen werden, liegt der Korrelations-Koeffizient noch bei 0,74. Da es aber um die Selektion von Einzelsämlingen und nicht um die Beurteilung einer Gesamt-Kombination geht, ist es notwendig, die Korrelations-schemata auf Abb. 10a und b zu betrachten. Es stellt sich

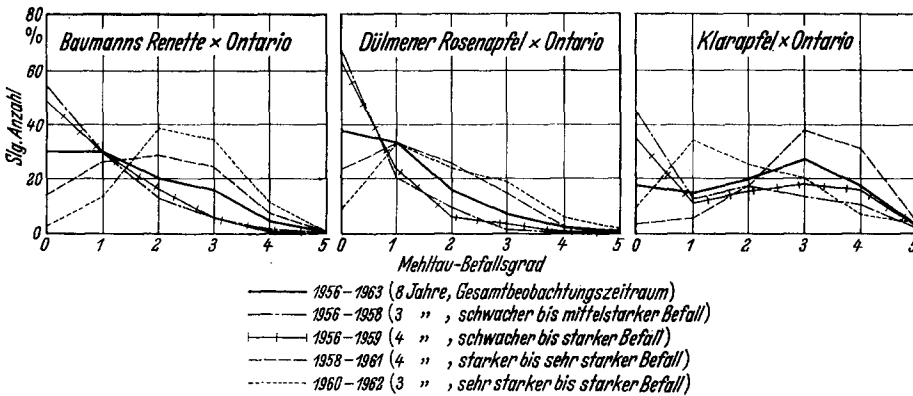


Abb. 9. Mehltaubefall der Nachkommenschaften von „Baumanns Renette x Ontario“, „Dülmener Rosenapfel x Ontario“ und „Klarapfel x Ontario“. Bestimmte Beobachtungszeiträume wurden mit dem Gesamtbeobachtungszeitraum 1956–1963 verglichen.

Tabelle 1. Korrelation zwischen dem durchschnittlichen Mehltaubefall einiger Beobachtungsjahre und dem durchschnittlichen Mehltaubefall des gesamten Beobachtungszeitraumes von 9 Jahren.

Kombination	Vergleich der Beobachtungszeiträume	Korrelations-Koeffizient r
1. Ontario x Dülmener Rosenapfel	1958–61 : 1956–64	0,99 ± 0,002
2. Ontario x Dülmener Rosenapfel	1961–64 : 1956–64	0,97 ± 0,008
3. Ontario x Dülmener Rosenapfel	1956–58 : 1956–64	0,80 ± 0,050
4. Ontario x Dülmener Rosenapfel	1960–61 : 1956–64	0,80 ± 0,051
5. Ontario x Klarapfel	1958–61 : 1956–64	0,95 ± 0,007
6. Ontario x Klarapfel	1961–64 : 1956–64	0,83 ± 0,024
7. Ontario x Klarapfel	1956–58 : 1956–64	0,74 ± 0,109
8. Ontario x Klarapfel	1960–61 : 1956–64	0,77 ± 0,100

heraus, daß trotz der errechneten relativ engen Korrelation beim Selektieren von Einzelsämlingen nicht immer mit Sicherheit die resistenten Sämlinge herausgefunden werden können. Ein Vergleich der beiden Beispiele zeigt deutlich, wieviel besser sich die 4 „guten“ Mehлтаujahre 1958–61 zur Selektion eignen als die 3 Jahre 1956–58 mit schwachem bis mittlerem Befall. Der umrandete Quadrant jedes Korrelations-Beispiels umfaßt die Sämlinge, die bei einer Selektion mit dem Ziel der Feldresistenz erhalten bleiben. Als Maßstab für die Selektionsgrenze ist das neunjährige Mittel von 1,5 (siehe I. Mitteilung) verwandt worden. In Beispiel a bleiben 122 von 173 Sämlingen unberechtigterweise nach einer scharfen Selektion erhalten (gestrichelter Quadrant), in Beispiel b dagegen nur 55 von 173 Sämlingen. Die Selektionsgrenze müßte dabei an den durchschnittlichen Befall des Beobachtungszeitraumes angepaßt werden, für Beispiel a müßte z. B. die Klasse 1,8, für Beispiel b die Klasse 2,8 gewählt werden. Wir kommen also zu der Schlußfolgerung, daß ebenso wie zur Festlegung des Resistenzgrades einer ganzen Kombination auch zur Beurteilung eines einzelnen Sämlings 4–5 Beobachtungsjahre mit starkem bis sehr starkem Befall notwendig sind, wenn sinnvoll selektiert werden soll.

Wie wenig der Befallswert eines einzelnen Jahres, selbst wenn es ein „gutes Mehлтаujahr“ ist, für einen Einzelsämling aussagt, geht aus Abb. 11 hervor, wo die Befallskurven von 2 Sämlingen der Kombination „Berlepsch × Ontario“ dargestellt sind. Beide Sämlinge wurden 1960 mit der Note 3 bewertet, das Gesamtmittel aus 9 Beobachtungsjahren jedoch ist für Sämling a der Wert 1,1, für Sämling b der Wert 2,3.

Auf den Abb. 1–4 konnte gezeigt werden, wie gleichartig der Verlauf der Befallskurven während der 12 Beobachtungsjahre ist. In der Befallsstärke jedoch unterscheiden sich einige Kombinationen wesentlich voneinander. Neben einer Anzahl Befallskurven, die mehr oder weniger auf gleicher Höhe verlaufen, liegen die Kurven für die Kombinationen „Dülmener Rosenapfel × Ontario“ und „Antonowka × Ontario“ merklich unter dem allgemeinen Durchschnitt, die Kurve für „Späher des Nordens × Cox' Orange“ wesentlich über dem Durchschnitt. Es sind dieselben Kombinationen, die bereits beim Berechnen der Gesamt-Befallsmittelwerte durch besonders niedrige bzw. besonders hohe Werte auffielen (siehe I. Mitteilung). Wenn auch ein realer niedriger Mittelwert sich aus niedrigen Einzelwerten zusammensetzen muß, so ist doch überraschend, daß die Kurven-

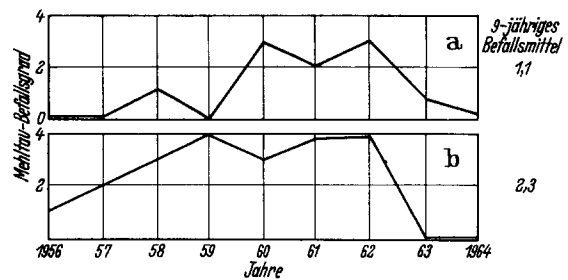


Abb. 11. Befallsstärke zweier Sämlinge der Kombination „Berlepsch × Ontario“ in den Jahren 1956–1964. Trotz unterschiedlicher 9-jähriger Befallsmittel wurden beide Sämlinge im „guten“ Mehлтаujahr 1960 mit dem Wert 3 beurteilt.

unterschiede in gleicher Relation in allen Beobachtungsjahren zum Ausdruck kommen, besonders deutlich in den Jahren mit mittlerem und starkem Befall, nicht ganz so klar in den Jahren mit sehr schwachem Befall. Da, wie vorstehend dargelegt wurde, die Befallsstärke infolge der Witterungsbedingungen in hohem Maße variiert, wäre es denkbar, daß die Jahresmittelwerte zweier unterschiedlich befallener Kombinationen nicht in jedem Jahr gleichsinnige Differenzen aufweisen, sondern die Befallskurven könnten sich in manchen Jahren überschneiden. Es könnte also in einigen Jahren der Befallswert der scheinbar stärker anfälligen Kombination unter dem Wert der scheinbar schwächer anfälligen Kombination liegen, ohne daß dies im errechneten Mittelwert zum Ausdruck kommt. Da aber die Befallskurven Jahr für Jahr mit nur wenigen Ausnahmen in ganz bestimmter Beziehung zueinander verlaufen, ist neben den Umweltfaktoren ein Resistenzfaktor anzunehmen, der die Befallsstärke mitbestimmt und — da es sich um Sämlingsmaterial handelt — offensichtlich genetisch bedingt ist.

Auch Standortunterschiede täuschen nicht einen nur scheinbaren Resistenzgrad vor. Das geht aus dem Vergleich der Abb. 1–4 untereinander hervor. Gleiche Kombinationen reagieren an verschiedenen Standorten immer ähnlich auf die Mehltauinfektion. Besonders auffällig ist das gleichartige Verhalten der stark anfälligen Nachkommen von „Späher des Nordens × Cox' Orange“, die an zwei verschiedenen Standorten (Abb. 3 und 4) in größerer Anzahl beobachtet werden konnten.

Wieweit auch geringere Kurvenunterschiede noch als reale Anfälligkeitsdifferenzen gewertet werden können, kann noch nicht beurteilt werden. Beim

Beobachtungsjahre 1956-58	Gesamtbeobachtungszeitraum 1956-64									Summe	
	0,3	0,8	1,3	1,8	2,3	2,8	3,3	3,8	4,3		4,8
4,8											
4,3											
3,8									1		1
3,3											
2,8					1	2	4				7
2,3					5	8	4				17
1,8			1	8	30	11	3				53
1,3				4	11	3					18
0,8			15	25	18	3					61
0,3		3	7	4	2						16
Summe		3	23	41	67	27	11		1		173

a

Beobachtungsjahre 1958-61	Gesamtbeobachtungszeitraum 1956-64									Summe	
	0,3	0,8	1,3	1,8	2,3	2,8	3,3	3,8	4,3		4,8
4,8							1	1			2
4,3							6	2			8
3,8				2	10	13	4				29
3,3				11	33	2					46
2,8			1	26	12						39
2,3			11	14							25
1,8		1	10	3							14
1,3		5	5								10
0,8											
0,3											
Summe		6	27	56	55	21	7	1			173

b

Abb. 10a und b. Mehltaubefall der Nachkommen von „Ontario × Klarapfel“. Korrelationstabellen. Verglichen werden die Mittelwerte zweier ausgewählter Beobachtungszeiträume (1956–58 und 1958–61) mit den Mittelwerten des Gesamt-Beobachtungszeitraumes (1956–64). (Erklärung im Text).

Vergleich der Gesamt-Mittelwerte in unserer I. Mitteilung waren wir zu dem Ergebnis gekommen, daß z. B. zwischen Gelber Edelpfappel und Baummanns Renette einerseits und Fiessers Erstling und Kurzstiel andererseits noch ein Unterschied im Anfälligkeitsgrad vorhanden ist. Die Jahreskurven bestätigen das Ergebnis, da die Kurvendifferenz zwischen den betreffenden Kombinationen mit nur geringen Abweichungen gleichsinnig bleibt (Abb. 1–4). Aber es gibt andere Kombinationen, deren Eingruppierung in einen bestimmten Befallsgrad schwieriger ist. So verhalten sich z. B. die Nachkommen von Baummanns Renette und Gelber Edelpfappel untereinander ähnlich, im Vergleich mit den Nachkommen von Klarpfappel aber unterschiedlich. Die Jahresmittel der Baummann-Nachkommen liegen immer unter denen der Klarpfappel-Nachkommen, die Jahresmittel der Edelpfappel-Nachkommen jedoch z. T. auch darüber. Solche Unstimmigkeiten sind natürlich nach Klassenbonituren, wie sie für die Mehлтаubeobachtungen angewandt werden, zu erwarten, und nur größere Befallsunterschiede können auch nach mehrjährigen Beobachtungen als wirkliche Differenzen gewertet werden.

Zusammenfassung

Ergänzend zu den allgemeinen Auswertungen der Mehлтаubeobachtungen am Naumburger Apfel-Sämlingsmaterial wurden für die Nachkommenschaften einiger Kombinationen die Jahresbefallsmittel errechnet und mit dem Witterungsverlauf während der betreffenden Jahre verglichen. Es kam zu folgenden Ergebnissen:

1. Der gleichartige Verlauf der Befallskurven aller untersuchten Kombinationen deutet auf eine enge Beziehung zwischen Befallsstärke und Witterungsbedingungen hin. Neben strengen Frostperioden sind wahrscheinlich auch extrem kühle Sommertemperaturen zu den Hauptfaktoren, die eine starke Befallsverminderung bewirken, zu rechnen.

2. Die Befallsstärke wird aber nicht unmittelbar von der jeweiligen Witterung bestimmt, sie schwankt also nicht extrem von Jahr zu Jahr, sondern sie reagiert, bedingt durch die Lebensweise des Parasiten, mit einer gewissen Trägheit, wie es vom Massenwechsel der Insekten bekannt ist, und Befallsmaxima und -minima sind in mehrjährigen Intervallen zu verzeichnen.

3. Die unter unseren Witterungsbedingungen unterschiedliche Befallsstärke der Nachkommenschaften bestimmter Kombinationen, wie z. B. „Dülmener Rosenapfel \times Ontario“ und „Antonowka \times Ontario“ mit schwachem Befall und „Späher des Nordens \times Cox' Orange“ mit starkem Befall, kommt in gleicher Relation in allen Beobachtungsjahren zum Ausdruck. Das ist im Hinblick auf die durch Umweltfaktoren bedingte hohe Variabilität der Befallsstärke nur verständlich, wenn ein Resistenzfaktor vorhanden ist, der, da es sich um Sämlingsmaterial handelt, offensichtlich genotypisch bedingt ist.

4. Die wiederholt unterschiedlich beurteilte Anfälligkeit gleicher Sorten an verschiedenen Standorten kann damit erklärt werden, daß bestimmte Sorten in einem für Mehлтаube nicht optimal günstigen Klima

sehr träge auf die Infektion reagieren, also unter diesen Bedingungen resistent erscheinen. In einem für Mehлтаube sehr günstigen Klima jedoch ist es möglich, daß dieselben Sorten trotz ihrer sonst trägen Reaktion schließlich maximal befallen werden und sich dann dort von den auch im ungünstigen Klima stark anfälligen Sorten nicht mehr unterscheiden.

5. Zur sicheren Beurteilung des Merkmals „Mehлтаuresistenz“ einer Neuzüchtung sind mindestens 4–5 Beobachtungsjahre mit einem durchschnittlich starken Auftreten des Mehлтаues notwendig, wobei beachtet werden muß, daß der festgelegte Resistenzgrad wahrscheinlich nur für die Klimabedingungen des Beobachtungsstandortes Gültigkeit hat.

Literatur

1. AERTS, R., und A. SOENEN: Apfelmehлтаube *Podospheera leucotricha* (Ell. u. Ev.) Salm. Höfchen-Briefe 10, 109–168 (1957). — 2. AICHHOLZ, H., und F. REBHOLZ: Der Apfelmehлтаube und seine Bekämpfung. Prakt. Ratg. f. Obst- u. Gartenb. 36, 256–257 (1921). — 3. BLUMER, S.: Das Auftreten des Apfelmehлтаues und seine Bekämpfung im Jahre 1951. Schweiz. Z. Obst- u. Weinb. 60, 501–505 (1951). — 4. BÖMEKE, H.: Der Apfelmehлтаube und seine Bekämpfung 1961. Mitt. Obstbauversuchsrings Altes Land 16, 77–86 (1961). — 5. BROWN, A. G.: The inheritance of mildew resistance in progenies of the cultivated apple. Euphytica 8, 81–88 (1959). — 6. BURCHILL, R. T.: Observations on the mode of perennation of apple mildew. Ann. Rep. Long Ashton agric. hort. Res. Stat. for 1957, 114–123 (1958). — 7. BURCHILL, R. T.: The rôle of secondary infections in the spread of apple mildew (*Podospheera leucotricha* (Ell. and Ev.) Salm.) J. hort. Sci. 35, 66–72 (1960). — 8. FISHER, D. F.: Apple powdery mildew and its control in the arid regions of the pacific north west. U. S. Dept. Agric. Bull. 712 (1918). — 9. GOLLMICK, F.: Beobachtungen über den Apfelmehлтаube. Nachr. Bl. Dt. Pflanzenschutz. N. F. 4, 205–214 (1950). — 10. HAMMARLUND, G.: Zur Genetik, Biologie u. Physiologie einiger Erysiphaceen. Hereditas 6, 1–126 (1925). — 11. JANCKE, O., und L. LANGE: Über die Mehлтаubeanfälligkeit unserer Apfelsorten. Gartenbauwiss. 6, 433–445 (1932). — 12. JØRSTAD, J.: Report on plant diseases in agriculture and horticulture 1920/22. II. Fruit trees and small fruits. Christiania: Grøndahl & Löns 1923. — 13. KIRBY, A. H. M., and E. L. FRICK: Greenhouse evaluation of chemicals for control of powdery mildews. I. A method suitable for apple and barley. II. Some factors affecting artificial infection of apple foliage. Ann. appl. Biol. 51, 51–60; 61–68 (1963). — 14. KUNDERT, J.: Die wichtigsten Pilzkrankheiten im Obstbau und ihre Bekämpfung in den Jahren 1961–1963. Schweiz. Z. Obst- u. Weinb. 73, 58–64 (1964). — 15. LAUBERT, R.: Der echte Mehлтаube des Apfels, seine Kapsel Früchte und seine Bekämpfung. Deutsch. Landw. Presse H. 59 (1908). — 16. LOSCH, H.: Eine Beobachtung über den Apfelmehлтаube und seine Beziehung zur örtlichen Lage. Z. Pflanzenkrankh. 31, 22–24 (1921). — 17. Mehлтаubesymposium Obstbauversuchsanstalt Jork 1961. (Als Protokoll vorhanden.) — 18. MIHATSCH, H., und G. MILDENBERGER: Beiträge zur Vererbung der Mehлтаuresistenz bei *Malus*. I. Freilandbeobachtungen an erwachsenen Sämlingen aus Kultursortenkreuzungen und freier Abblüte. Der Züchter 36, 1–8 (1966). — 19. MÜLLER, R.: Untersuchungen über die Biologie und Bekämpfung des Apfelmehлтаues *Podospheera leucotricha* (Ell. et Ev.) Salm. Dissertation Stuttgart-Hohenheim 1957. — 20. OHNESORGE, B.: Beziehungen zwischen Regulationsmechanismus und Massenwechselablauf bei Insekten. Z. angew. Zool. 50, 427–483 (1963). — 21. SCHANDER, H.: Die Lebensweise des Mehлтаupilzes als Grundlage für die Bekämpfung und Resistenzzüchtung. Mitt. Obstbauversuchsrings Altes Land 13, 86–94 (1958). — 22. SPRAGUE, R.: A re-study of apple powdery mildew in eastern Washington. Bull. Wash. St. agric. Exp. Stats. 560, 1–36 (1955).